



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 Offenlegungsschrift  
10 DE 199 00 740 A 1

51 Int. Cl. 7:  
F 02 D 41/22

21 Aktenzeichen: 199 00 740.3  
22 Anmeldetag: 12. 1. 1999  
43 Offenlegungstag: 13. 7. 2000

DE 199 00 740 A 1

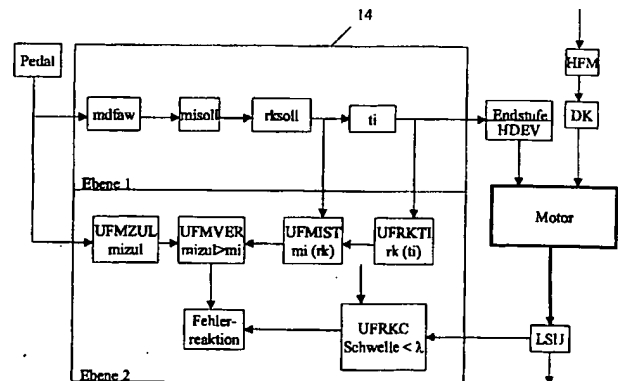
71 Anmelder:  
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

72 Erfinder:  
Gerhardt, Juergen, 71739 Oberriexingen, DE;  
Ehrlinger, Arndt, 70825 Korntal-Münchingen, DE;  
Bauer, Torsten, 71665 Vaihingen, DE; Langer,  
Winfried, Dr., 71706 Markgröningen, DE; Bederna,  
Frank, 70825 Korntal-Münchingen, DE; Schopf,  
Ulrich, 74321 Bietigheim-Bissingen, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

54 Verfahren und Vorrichtung zum Betreiben einer Brennkraftmaschine

57 Es werden ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Betreiben einer Brennkraftmaschine vorgeschlagen, welche in wenigstens einem Betriebszustand mit magerem Luft-/Kraftstoff-Gemisch betrieben wird. Dabei wird die einzuspritzende Kraftstoffmasse bzw. die auszugebende Einspritzzeit abhängig von einem Sollwert bestimmt. Zur Überwachung der Funktionsfähigkeit wird auf der Basis der einzuspritzenden Kraftstoffmasse bzw. der auszugebenden Einspritzzeit oder der ausgegebenen Einspritzzeit das Istdrehmoment der Brennkraftmaschine bestimmt, mit einem maximal zulässigen Moment verglichen und eine Fehlerreaktion eingeleitet, wenn das Istdrehmoment das maximal zulässige überschreitet. Parallel dazu wird eine die Sauerstoffkonzentration im Abgas repräsentierende Größe mit wenigstens einem vorgegebenen Grenzwert verglichen und eine Fehlerreaktion eingeleitet, wenn diese den Grenzwert überschreitet.



DE 199 00 740 A 1



## Beschreibung

## Stand der Technik

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Betreiben einer Brennkraftmaschine.

Zum Betreiben von Brennkraftmaschinen sind moderne Steuersysteme vorhanden, welche abhängig von Eingangsgrößen die Leistung der Brennkraftmaschine durch Steuerung von Leistungsparametern der Brennkraftmaschine einstellen. Zur Vermeidung von ungewollten Betriebssituationen infolge von Störungen, insbesondere von Störungen im elektronischen Steuergerät der Motorsteuerung, sind vielfältige Überwachungsmaßnahmen vorzusehen, die einen sicheren Betrieb der Brennkraftmaschine sowie die Verfügbarkeit der Brennkraftmaschine sicherstellen. In der DE-A 195 36 038 (US-Patent 5 692 472) wird die Überwachung der Steuerung einer Brennkraftmaschine auf Drehmomentenbasis dargestellt. Dort wird wenigstens auf der Basis der Fahrpedalstellung ein maximal zulässiges Drehmoment ermittelt. Ferner wird das aktuelle Drehmoment der Brennkraftmaschine abhängig von Motordrehzahl, Zündwinkeleinstellung und Last (Luftmasse, etc.) berechnet. Zur Überwachung wird der maximal zulässige Wert mit dem berechneten aktuellen Wert verglichen. Fehlerreaktionsmaßnahmen werden eingeleitet, wenn der aktuelle Wert den maximal zulässigen überschreitet. Diese Überwachungsstrategie bietet eine zuverlässige und zufriedenstellende Überwachung von Brennkraftmaschinen. Allerdings beruht sie auf der gemessenen, der Brennkraftmaschine zugeführten Luftmasse. Bei Brennkraftmaschinen, die zumindest in einem Betriebszustand mit magerem Luft-/Kraftstoff-Gemisch betrieben werden, wie z. B. direkteingespritzte Benzinmotoren oder Dieselmotoren, entspricht das aus der gemessenen Luftmasse ermittelte Drehmoment nicht den tatsächlichen Werten, so daß hier die beschriebene Überwachungsstrategie nur bedingt einsatzfähig ist. So ist z. B. bei Benzinbrennkraftmaschinen mit Direkteinspritzung im Schichtbetrieb die erfaßte Luftmasse und der eingestellte Zündwinkel zur Berechnung des aktuellen Drehmoments nicht ausreichend.

Es ist Aufgabe der Erfindung, ein Konzept zur Überwachung der Steuerung einer Brennkraftmaschine anzugeben, die zumindest in einigen Betriebszuständen mit einem mageren Luft-/Kraftstoff-Gemisch betrieben wird.

Dies wird durch die Merkmale des kennzeichnenden Teils der unabhängigen Patentansprüche erreicht.

Eine Überwachungsmaßnahme für benzindirekteingespritzte Brennkraftmaschinen ist aus der nicht vorveröffentlichten DE 197 29 100.7 bekannt. Dort wird auf der Basis der verbrannten Kraftstoffmasse das Ist-Drehmoment der Brennkraftmaschine ermittelt, mit einem auf der Basis der Fahrpedalstellung ermittelten zulässigen Maximalmoment verglichen und bei Überschreiten des Maximalmoments durch das Istmoment eine Fehlerreaktion eingeleitet.

Ferner ist aus der ebenfalls nicht vorveröffentlichten DE 198 41 151.0 bekannt, zur Überwachung einer Brennkraftmaschine, die in wenigstens einem Betriebszustand mit einem mageren Luft-/Kraftstoff-Verhältnis betrieben wird, in wenigstens einem Betriebszustand nur einen Betrieb der Brennkraftmaschine mit einem näherungsweise stöchiometrischen oder fetten Luft-/Kraftstoff-Verhältnis oder nur einen Betrieb mit begrenzter Luftzufuhr zuzulassen und den Betrieb der Brennkraftmaschine dann auf der Basis wenigstens einer Betriebsgröße der Brennkraftmaschine zu überwachen.

Eine weitere Einzelmaßnahme zeigt die DE-A1 196 20 038. Dort wird zur Überwachung eines Kraftstoffzumeßsystems ein Signal eines Sensors, der die Abgas-

zusammensetzung erfaßt, auf Abweichungen von einem vorgebbaren Wert überprüft.

Alle diese Einzelmaßnahmen zeigen nur Lösungen für einzelnen Problempunkte bzw. schränken die Verfügbarkeit des Steuersystems ein. Ein mit Blick auf Verfügbarkeit und Vollständigkeit zufriedenstellendes Überwachungskonzept wird nicht beschrieben.

## Vorteile der Erfindung

Es wird eine Vorgehensweise beschrieben, welche eine vollständige Überwachung der Steuerung Brennkraftmaschinen erlaubt, die in wenigstens einem Betriebszustand mit magerem Luft-/Kraftstoffgemisch betrieben werden. Dabei wird in zuverlässiger Weise eine gegenüber dem Fahrerwunsch unzulässige Erhöhung des indizierten Motormoments einer solchen Brennkraftmaschine infolge eines Software- oder Hardware-Fehlers vermieden. Das indizierte Motormoment ist das Drehmoment der Brennkraftmaschine, welches direkt durch die Verbrennung des Gasgemisches erzeugt wird. Das von der Brennkraftmaschine abgegebene Drehmoment wird daraus unter Berücksichtigung von Verlustmomenten und Verbrauchermomenten berechnet.

Besonders vorteilhaft ist, daß die Genauigkeit der Überwachung verbessert wird, da nicht die über die Drosselklappe strömende Luft als Indikator für das indizierte Motormoment verwendet wird, sondern die in den Zylinder eingespritzte Kraftstoffmasse, welches bei den mageren und stöchiometrischen Betriebszuständen dieser Motoren die momentenbestimmende Größe ist.

Von besonderem Vorteil ist, wenn die in den Zylinder eingespritzte Kraftstoffmasse aus der Einspritzzeit ermittelt wird oder, eventuell auch nur in bestimmten Betriebszuständen, wenn die in den Zylinder eingespritzte Kraftstoffmasse aus der dem Motor zugeführten Luftmasse und der Abgaszusammensetzung ermittelt wird. In bestimmten Betriebszuständen kann als zusätzliche Maßnahmen zur Überwachung der Brennkraftmaschine z. B. eine Überwachung auf der Basis einer Größe für die Abgaszusammensetzung (z. B. ein Maß für den Sauerstoffgehalt,  $\lambda$ ) erfolgen, welche die Momentenüberwachung absichert und somit weiter verbessert.

Vorteilhaft ist ferner die Vorgabe eines Verlaufs des zulässigen Drehmoments in Abhängigkeit von mindestens einer der Größen Drehzahl, Motortemperatur und Fahrerwunsch, d. h. der Fahrpedalstellung, bei welchem bei sehr kleinen Pedalwinkeln ein maximal zulässiges Moment kleiner als die Null-Last, bei mittleren Pedalwinkeln bis maximal Null-Last und bei größeren Pedalwinkeln gemäß einem vorgegebenen Zusammenhang zugeordnet wird. Dadurch wird ein zufriedenstellendes Ansprechen der Momentenüberwachung bei einem Fehler erreicht.

Vorteilhaft ist ferner, daß bei der Überwachung auch Sonderbetriebszustände wie beispielsweise aktive Maßnahmen zum Katalysatorschutz, zum Katalysatorheizen und/oder zum Katalysatorwarmhalten berücksichtigt werden.

Weitere Vorteile ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen bzw. aus den abhängigen Patentansprüchen.

## Zeichnung

Die Erfindung wird nachstehend anhand der in der Zeichnung dargestellten Ausführungsformen näher erläutert. Die Fig. 1 und 2 zeigen eine Steuereinrichtung zur Steuerung einer Brennkraftmaschine, während in Fig. 3 ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Lösung als Flußdiagramm skizziert ist, welches ein im Mikrocomputer



der Steuereinrichtung implementiertes Programm repräsentiert. Die Vorgabe des zulässigen Moments abhängig von Drehzahl ist für einen bevorzugten Anwendungsfall in Fig. 4 anhand einer Kennlinie dargestellt.

#### Beschreibung von Ausführungsbeispielen

In Fig. 1 ist eine Steuereinheit 10 dargestellt, welche als Elemente zumindest eine Eingangsschaltung 12, wenigstens einen Mikrocomputer 14, eine Ausgangsschaltung 16 und ein diese verbindendes Kommunikationssystem 18 umfaßt. Der Eingangsschaltung 12 werden Eingangsleitungen zugeführt, über die von entsprechenden Meßeinrichtungen Signale zugeführt werden, die Betriebsgrößen repräsentieren oder aus denen Betriebsgrößen ableitbar sind. In Bezug auf die nachfolgend beschriebene erfindungsgemäße Lösung sind in Fig. 1 eine Eingangsleitung 20 dargestellt, welche die Steuereinheit mit einer Meßeinrichtung 22 verbindet, die ein den Betätigungsgrad  $\beta$  des Fahrpedals repräsentierende Größe ermittelt. Ferner ist eine Eingangsleitung 24 vorgesehen, die von einer Meßeinrichtung 26 stammt und über die ein die Motordrehzahl NMOT repräsentierende Größe zugeführt wird. Ferner verbindet eine Eingangsleitung 28 die Steuereinheit 10 mit einer Meßeinrichtung 30, welche ein die zugeführte Luftmasse HFM repräsentierendes Signal abgibt. Eine Eingangsleitung 32 führt von einer Meßeinrichtung 34 eine Größe zu, die der aktuellen Übersetzung IGES im Antriebsstrang entspricht. Ferner sind Eingangsleitungen 36 bis 40 vorgesehen, die Betriebsgrößen repräsentierende Signale von Meßeinrichtungen 42 bis 46 herbeiführen. Beispiele für derartige Betriebsgrößen, die bei der Steuerung der Brennkraftmaschine Verwendung finden, sind Temperaturgrößen, die Stellung des Drosselklappenwinkels, etc. Zur Steuerung der Brennkraftmaschine gehen in dem in Fig. 1 dargestellten Ausführungsbeispiel von der Ausgangsschaltung 16 Ausgangsleitungen 48 bis 52 zur Steuerung der Einspritzventile 54 sowie eine Ausgangsleitung 56 zur Steuerung der elektromotorisch verstellbaren Drosselklappe 58 aus. Daneben sind zumindest nicht dargestellte Leitungen zur Steuerung der Zündung vorgesehen.

Fig. 2 zeigt die grundsätzliche Struktur von im Mikrocomputer 14 der Steuereinheit 10 ablaufenden Programme zur Motorsteuerung und zur Überwachung dieser Steuerung. Im Mikrocomputer 14 sind zwei voneinander getrennte Programmebenen, Ebene 1 und Ebene 2, vorgesehen. In der ersten Ebene laufen die Steuerungsprogramme ab, in der zweiten Ebene die Überwachungsprogramme.

In der ersten Ebene wird auf der Basis des Betätigungsgrads  $\beta$  des Fahrpedals (Pedal) die Kraftstoff- und die Luftzufuhr nach Maßgabe eines vorbestimmten Luft-/Kraftstoffverhältnisses gesteuert. Abhängig vom Betätigungsgrad  $\beta$  wird gegebenenfalls unter Berücksichtigung der Motordrehzahl ein Fahrerwunschmoment  $md_{faw}$  aus Kennfeldern und/oder Berechnungen gebildet. Dieses Fahrerwunschmoment oder ein anderes, von einem anderen Steuersystem vorgegebenes Sollmoment bildet den Sollwert für das indizierte Moment  $misoll$ . Dieses wird in einen Sollwert  $rksoll$  für die einzuspritzende Kraftstoffmasse umgesetzt. Der Sollwert für die einzuspritzende Kraftstoffmasse wird dann gegebenenfalls unter Berücksichtigung des Kraftstoffdrucks in eine Einspritzzeit  $t_i$  umgesetzt. Ein Impuls dieser Länge wird dann an die Endstufe des oder der Einspritzventile (HDEV) ausgegeben. In ausgewählten Betriebszuständen wird auch die Drosselklappe (DK) elektrisch eingestellt, was in Fig. 1a jedoch nicht dargestellt ist.

Die in Fig. 2 beschriebene Steuereinheit dient je nach Ausführungsbeispiel für die Steuerung eines Motors mit Saugrohreinjection, der mager betrieben wird, zur Steuerung

eines Motors mit Benzindirekteinspritzung oder zur Steuerung eines Dieselmotors.

Zur Sicherstellung der Betriebssicherheit dieser Steuerung bzw. der Verfügbarkeit dieser Steuerung ist die oben dargestellte Funktionsweise der Steuerung zu überwachen. Dabei wird im bevorzugten Ausführungsbeispiel folgendes Überwachungskonzept eingesetzt. Das entsprechende Programm läuft in Ebene 2 ab.

Zunächst wird die eingespritzte Kraftstoffmasse  $r_k$  anhand der vom Steuergerät ausgegebenen Einspritzzeit  $t_i$  und eventuell weiterer Größen wie z. B. dem Kraftstoffdruck ermittelt (UFRKTT). Bezüglich der Einspritzzeit werden Meßwerte oder der Inhalt von Speicherzellen des Steuergeräts zur Berechnung verwendet. Danach wird die ermittelte eingespritzte Kraftstoffmasse  $r_k$  in ein abgegebenes Motormoment  $m_i$  unter Berücksichtigung von Wirkungsgraden wie beispielsweise dem Wirkungsgrad des Einspritzzeitpunktes, des Zündzeitpunktes, der Abgaszusammensetzung (erfaßt durch eine  $\lambda$ -Sonde LSU), dem Maß der Entdrosselung, etc. umgerechnet (UFMIST). Der Wirkungsgrad berücksichtigt dabei das Ausmaß des Einflusses einer gegenüber Normwerten abweichenden Betriebsgröße auf das Drehmoment der Brennkraftmaschine. Das zulässige Drehmoment  $mizul$  wird wenigstens aus Fahrerwunsch (oder Fahrpedalstellung  $\beta$ ) und/oder gegebenenfalls Drehzahl durch ein Kennfeld oder ein vereinfachtes Funktionsmodell ermittelt (UFMZUL). Der prinzipielle Verlauf des zulässigen Moments ist dabei derart, daß bei kleinen Pedalwinkeln, z. B. kleiner 2% das maximal zulässige Moment zu einem Drehmoment an der Ausgangswelle der Brennkraftmaschine kleiner Null-Last bzw. Nullmoment führt, bei größeren Pedalwinkeln beispielsweise bis zu 10% maximal Null-Last (Nullmoment, Schubüberwachung). Null-Last ist dabei die Last der Brennkraftmaschine, bei der die Brennkraftmaschine kein positives Moment mehr abgibt. Bei größeren Pedalwinkeln, z. B. größer 10% wird das zulässige Moment so vorgegeben, daß Lastwerten größer Null-Last entstehen. Zusätzlich kann das zulässige indizierte Moment unter Berücksichtigung von Verbraucher- und Verlustmomenten der Brennkraftmaschine in das abgegebene Drehmoment und damit in einem Lastwert der Brennkraftmaschine umgerechnet werden.

Das ermittelte Drehmoment  $m_i$  wird mit dem maximal zulässigen Drehmoment  $mizul$  verglichen (UFMVER). Alternativ wird das ermittelte Drehmoment mit dem Sollmoment  $misoll$  und das Sollmoment  $misoll$  mit dem zulässigen Moment verglichen. Bei der ersten Ausführung wird ein Fehler erkannt, wenn das Istmoment größer als das zulässige Moment ist. Bei der Alternative wird ein Fehler erkannt, wenn das ermittelte Istmoment größer als das vorgegebene Sollmoment ist und/oder gleichzeitig das vorgegebene Sollmoment größer als das zulässige Moment ist.

Zusätzlich zu dieser Überwachungsmaßnahme ist bei kleinen Pedalwinkeln vorgesehen, die Brennkraftmaschine dahingehend zu überwachen, daß kein Kraftstoff eingespritzt wird. Diese Überwachung findet dann statt, wenn keine Ausnahmebedingungen wie z. B. Katalysatorschutz, Katalysatorheiz- oder -warmhaltmaßnahmen aktiv sind. Ein Fehler wird erkannt, wenn bei diesen Bedingungen Kraftstoff eingespritzt wird.

Zur Absicherung der Momentenüberwachung im Falle von Fehlerzuständen wie Leckagen, Endstufenfehlern ungewollte Kraftstoffzuführung aus der Tankentlüftung oder aus dem Kurbelwellengehäuse ist vorgesehen, bei abgeschalteter Kraftstoffeinspritzung ( $t_i = 0$  und/oder  $r_k = 0$ ) einen Meßwert  $\lambda$  für den Sauerstoffgehalt des Abgases auf das Erreichen eines Schwellenwertes (Schwelle) zu überwachen (UFRKC). Der Schwellenwert dieser Lambdaüberwachung



ergibt sich dabei aus der Toleranz der Lambdasonde LSU. Die Lambdasonde LSU wird bei Betriebspunkten, bei denen ein  $\lambda < \text{oder} = 1$  ist, mit einer Zweipunkt-Lambdasonde auf Fehler überprüft. Alternativ wird bei Einspritzzeiten größer Null überwacht, ob das gemessene  $\lambda$  in einem betriebspunktabhängigen, erlaubten Bereich liegt. Der erlaubte Lambdabereich berechnet sich unter Berücksichtigung der positiven und negativen Toleranz der Lambdasonde aus der gemessenen Luftmasse (erfaßt durch den Luftmassenmesser HFM), die dem Motor zugeführt wird, und der Soll- oder der ermittelten Kraftstoffmasse. Beim Ansprechen der Lambdaüberwachung wird eine Fehlerreaktion durchgeführt, z. B. wird als Ersatzfunktion ein  $\lambda = 1$ -Betrieb ausgeführt und überwacht. Das Istmoment wird dann aus der Luftmasse statt aus der Kraftstoffmasse berechnet und zur Überwachung des Betriebs die aus dem Stand der Technik bekannte Überwachungsstrategie durchgeführt. Alternativ wird eine eingespritzte Kraftstoffmasse aus zugeführter, gemessener Luftmasse (HFM) und Abgaszusammensetzung ermittelt und mit einem zumindest für einem Betriebszustand vorgegebenen Grenzwert (z. B.  $r_k = 0$ ) verglichen.

In Fig. 3 ist ein Flußdiagramm dargestellt, welches ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel des Überwachungskonzepts als Rechnerprogramm darstellt. Das dargestellte Programm wird in vorgegebenen Zeitintervallen durchlaufen.

Im ersten Schritt 100 wird die ausgegebene Einspritzzeit  $t_i$  eingelesen. Bei der ausgegebenen Einspritzzeit handelt es sich entweder um ein gemessenes Signal, beispielsweise im Bereich jedes Einspritzventils oder im Bereich des Ausgangs der Steuereinheit oder um die von dem Mikroprozessor ausgegebene Einspritzzeit, die in einer Speicherzelle abgelegt ist. Auf der Basis der eingelesenen Einspritzzeit wird im Schritt 102 die tatsächlich eingespritzte relative Kraftstoffmasse  $r_k$  ermittelt. Die Berechnung der relativen Kraftstoffmasse, d. h. die auf einen Normwert bezogene Kraftstoffmasse, in Abhängigkeit der Einspritzzeit erfolgt im bevorzugten Ausführungsbeispiel auf der Basis einer vom Kraftstoffdruck im Rail abhängigen Kennlinie. Im darauffolgenden Schritt 104 wird überprüft, ob die Einspritzzeit Null ist, d. h. ein Betriebszustand vorliegt, in dem die Kraftstoffeinspritzung abgeschaltet ist. Ist die Kraftstoffzufuhr abgeschaltet, wird im Schritt 106 zur Feststellung von Leckagen, Endstufenfehlern, ungewollter Kraftstoffzufuhr aus einer Tankentlüftung oder aus dem Kurbelwellengehäuse eine Überwachung auf der Basis des Meßwertes für den Sauerstoffgehalt im Abgas ( $\lambda$ ) durchgeführt. Dazu wird im Schritt 106 von der Lambdasonde der Meßwert  $\lambda$  oder ein aus dem Meßsignal abgeleiteter Wert eingelesen und im darauffolgenden Schritt 108 dahingehend überprüft, ob er eine vorgegebene Schwelle ( $\lambda_{\text{Schwelle}}$ ) überschreitet. Dieser Schwellenwert ergibt sich aus der Toleranz der Lambdasonde und wird im Rahmen der Applikation festgelegt. Ist die Lambdaschwelle nicht überschritten, so ist davon auszugehen, daß einer der obengenannten Fehler vorliegt und trotz fehlender Einspritzzeit Kraftstoff in die Zylinder der Brennkraftmaschine gelangt.

In diesem Fall wird gemäß Schritt 106 ein Betrieb der Brennkraftmaschine eingeleitet, in dem das Luft-/Kraftstoff-Gemisch stöchiometrisch ist, d. h. der  $\lambda$ -Wert 1 ist. Die Brennkraftmaschine wird also im homogenen Betrieb betrieben. Die weitere Überwachung erfolgt dann auf der Basis des Istmoments, welches auf der Basis der relativen Füllung, d. h. der zugeführten Luftmasse, wie im eingangs genannten Stand der Technik gezeigt, berechnet wird. Danach wird das Programm beendet und im nächsten Intervall durchlaufen.

In einem anderen vorteilhaften Ausführungsbeispiel wird

die Lambdaüberwachung nicht nur bei Einspritzzeit Null sondern auch bei Einspritzzeiten größer Null durchgeführt. In diesem Fall wird überprüft, ob der  $\lambda$ -Wert in einem betriebspunktabhängigen Toleranzband liegt. In diesem Fall berechnet sich das zulässige Toleranzband für den Lambda-wert unter Berücksichtigung der positiven und negativen Toleranz der Lambdasonde aus der gemessenen Luftmasse, die dem Motor zugeführt wird, und der Soll- oder ermittelten Kraftstoffmasse. Über- oder unterschreitet der gemessene Lambda-wert den vorgegebenen Toleranzbereich, wird die Maßnahme gemäß Schritt 110 eingeleitet, ansonsten wie im Falle einer Ja-Antwort im Schritt 108 fortgefahren.

Ist im in Fig. 3 gezeigten bevorzugten Ausführungsbeispiel die Einspritzzeit nicht Null (Nein-Antwort im Schritt 104) oder die im Schritt 108 überprüfte Lambdabedingung erfüllt, so wird gemäß Schritt 112 der Fahrpedalwinkel  $\beta$  oder das daraus abgeleitete Fahrerwunschmoment eingelesen. Der Bereich kleiner Fahrpedalwinkel, der in Schritt 114 überprüft wird, ist in einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der Bereich des Fahrpedalwinkels, der kleiner 2% (vollständig losgelassenes Fahrpedal 0%, voll betätigtes Fahrpedal 100%) ist und ein losgelassenes Fahrpedal repräsentiert. Im darauffolgenden Schritt 114 wird überprüft, ob der Fahrpedalwinkel größer als ein bestimmter unterer Grenzwert ist, der einen Bereich kleiner Fahrpedalwinkeln bzw. Fahrerwunschmomente gegenüber dem übrigen Betriebsbereich abgrenzt. Ist dies der Fall, wird im Schritt 116 überprüft, ob ein Ausnahmebetriebszustand vorliegt, welcher zu einer nicht planmäßigen Einspritzung von Kraftstoff führt. Derartige Betriebsbereiche sind z. B. Betriebsbereiche, in denen zum Katalysatorschutz oder zum Katalysatorheizen oder -warmhalten eine größere Kraftstoffmenge entgegen dem aktuellen Betriebszustand eingespritzt wird. Liegt eine derartige Ausnahmebetriebssituation vor, so wird mit der nachfolgend beschriebenen Momentenüberwachung im Mager- bzw. Schichtladungsbetrieb gemäß den Schritten 118 bis 124 fortgefahren. Liegt kein derartiger Ausnahmebetriebszustand vor, so befindet sich die Brennkraftmaschine im Schubbetrieb. In diesem Betriebszustand ist zumindest bei Drehzahlen oberhalb eines Grenzwertes die Einspritzzeit bzw. die eingespritzte Kraftstoffmasse Null infolge der im Normalbetrieb wirkenden Kraftstoffabschaltung im Schubbetrieb. Daher wird im Schritt 126 überprüft, ob die Einspritzzeit bzw. die Kraftstoffmasse Null ist, wenn die Motordrehzahl eine bestimmte Drehzahl überschritten hat. Ist die Einspritzzeit bzw. die Kraftstoffmasse nicht Null, liegt ein Fehler vor, so daß gemäß Schritt 124 eine Fehlerreaktion eingeleitet wird. Diese liegt im bevorzugten Ausführungsbeispiel beispielsweise in der Begrenzung der Luftzufuhr zur Brennkraftmaschine, in einem Übergang auf einen Homogenbetrieb mit stöchiometrischem Gemisch oder in einer Begrenzung der Motorleistung. Nach Schritt 124 wird das Programm beendet und zum nächsten Intervall durchlaufen.

Im Ausnahmebetriebszustand gemäß Schritt 116, bei Fahrpedalwinkeln oberhalb des Grenzwinkels  $\beta_0$  gemäß Schritt 114 sowie bei einer Einspritzzeit bzw. einer Kraftstoffmasse gleich Null wird die nachfolgend beschriebene Momentenüberwachung durchgeführt. Dazu wird im Schritt 118 das maximal zulässige Moment auf der Basis wenigstens der Motordrehzahl und des Fahrerwunsches, d. h. des Fahrerwunschmomentes oder Fahrpedalwinkels  $\beta$  bestimmt. Dazu wird ein vorgegebenes Kennfeld verwendet, dessen tendenzielles Aussehen am Beispiel einer konstanten Motordrehzahl nachfolgend anhand Fig. 3 skizziert ist. Wenn die Überwachung nur bei  $\beta$ -Schwelle ausgeführt wird reicht eine Kennlinie aus, zulässiges Moment 100% bis max. Leerlaufdrehzahl und ab 1500/min Nullast bzw. klei-



ner Nullast. Ein solcher Verlauf des zulässigen Moments für diesen Betriebszustand ist in Fig. 4 dargestellt. Nach Bestimmung des maximal zulässigen Moments wird im Schritt 120 das Istmoment auf der Basis der berechneten relativen Kraftstoffmasse, die eingespritzt wird, so wie Wirkungsgraden bezüglich des Einspritzzeitpunktes, des Zündzeitpunktes, der aktuellen Lambdaeinstellung sowie der aktuellen Drosselklappenstellung (Entdrosselung), etc. berechnet. Diese Berechnung erfolgt durch Multiplikation der Kraftstoffmasse mit den Wirkungsgraden, die den prozentualen Einfluß der Abweichung der jeweiligen Betriebsgröße von einer Normgröße darstellen, für die der Zusammenhang zwischen der relativen Kraftstoffmasse und dem Istmoment beschrieben ist.

Nach Schritt 120 wird in Schritt 122 überprüft, ob das Istmoment kleiner als das maximal zulässige Moment ist. Ist dies der Fall, so wird von einem korrekten Betrieb der Steuerung ausgegangen und das Programm beendet. Überschreitet das Istmoment das maximal zulässige Moment, so wird die Fehlerreaktion gemäß Schritt 140 eingeleitet und das Programm danach beendet sowie im nächsten Intervall erneut durchlaufen. Diese Fehlerreaktion besteht im bevorzugten Ausführungsbeispiel in einer Stilllegung der Brennkraftmaschine z. B. durch Abschalten der Kraftstoffzufuhr und/oder der Zündung, zumindest so lange, bis das Istmoment wieder unter das zulässige Moment abgesunken ist.

Neben dem Vergleich von Istmoment und maximal zulässigem Moment gemäß Schritt 122 wird in einem anderen vorteilhaften Ausführungsbeispiel das ermittelte Motormoment mit dem abhängig vom Fahrerwunschmoment vorgegebenen Sollmoment verglichen und das vorgegebene Sollmoment mit dem maximal zulässigen Moment. In diesem Fall wird eine Fehlerreaktion eingeleitet, wenn das ermittelte Motormoment das vorgegebene Sollmoment überschreitet und/oder gleichzeitig das Sollmoment über dem maximal zulässigen Moment liegt.

Zur Bestimmung des maximal zulässigen Moments abhängig von Fahrerwunsch und Drehzahl ist ein Kennfeld vorgesehen oder ein vereinfachtes Funktionsmodell des Steuergeräts, durch welches die Meßgrößen den maximal zulässigen Moment zugeordnet werden. Tendenziell ist dabei vorgesehen, daß das zulässige Moment bei kleinen Pedalwinkeln immer kleiner dem Nullmoment ist, d. h. der Motor kein positives Moment abgeben darf. Bei größeren Pedalwinkeln, bei denen Schubetrieb vorliegt, ist das maximal zulässige Moment höchstens das Nullmoment. Bei größeren Pedalwinkeln zeigt das zulässige Moment ein mit dem Fahrerwunsch ansteigenden Verlauf. Unterhalb eines Fahrpedalwinkels von 2% (losgelassenes Fahrpedal) wird nur ein maximal negatives Moment zugelassen. Bis zu einem Fahrpedalwinkel von 10% (auch noch losgelassenes Fahrpedal) wird das Nullmoment einer akzeptablen maximalen Drehzahl zugelassen. Oberhalb des Fahrpedalwinkels von 10% (betätigtes Pedal) zeigt sich ein mit dem Fahrpedalwinkel steigender Verlauf des maximal zulässigen Moments.

Ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel, bei dem eine Überwachung lediglich bei einer Fahrpedalstellung kleiner als einer Schwelle durchgeführt wird, ist in Fig. 4 dargestellt. Diese zeigt den Verlauf einer Kennlinie, wobei das maximal zulässige Moment mizul umgerechnet auf das von der Brennkraftmaschine an die Ausgangswelle abgegebene Moment über der Motordrehzahl aufgetragen ist. Das zulässige Moment ist 100% bis max. Leerlaufdrehzahl (1500/min) und ab 1500/min Nullast bzw. kleiner Nullast.

Die vorstehend beschriebene Überwachungsmaßnahme ist sowohl bei Benzinbrennkraftmaschinen, welche mit magerem Luft-/Kraftstoff-Gemisch betrieben werden, zum Bei-

spiel Brennkraftmaschinen mit Benzindirekteinspritzung, anwendbar, als auch bei Dieselmotoren.

#### Patentsprüche

1. Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine, welche in wenigstens einem Betriebszustand mit magerem Luft-/Kraftstoff-Gemisch betrieben wird, wobei abhängig von einem Sollwert die einzuspritzende Kraftstoffmasse bestimmt wird, eine auszugebende Einspritzzeit ermittelt wird und diese ausgegeben wird, wobei abhängig von wenigstens einer dieser Größen ein Istmoment der Brennkraftmaschine ermittelt und mit einem zulässigen Moment verglichen wird, wobei eine Fehlerreaktion eingeleitet wird, wenn das Istmoment größer als das zulässige Moment ist, wobei ferner überprüft wird, ob eine die Sauerstoffkonzentration des Abgases der Brennkraftmaschine repräsentierende Größe einen vorbestimmten Grenzwert überschreitet, wobei eine Fehlerreaktion eingeleitet wird, wenn der Meßwert den Grenzwert nicht überschreitet.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die eingespritzte Kraftstoffmasse auf der Basis der Einspritzzeit, ggf. unter Berücksichtigung des Kraftstoffdruckes, bestimmt wird.
3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Istmoment aus der tatsächlich eingespritzten Kraftstoffmasse und Wirkungsgraden von Betriebsgrößen wie Einspritzzeitpunkt, Zündwinkel, Entdrosselung, etc. berechnet wird.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das maximal zulässige Moment wenigstens auf der Basis des Fahrerwunsches und der Motordrehzahl derart bestimmt wird, daß bei kleinsten Fahrerwunschwerten die Brennkraftmaschine nur negatives Moment abgibt, und bei kleinen Fahrerwunschwerten nur maximal Nullmoment abgibt und bei größeren Fahrerwunschwerten eine Fahrerwunschanhängigkeit des maximal zulässigen Moments im Bereich positiver Momente vorgegeben ist.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß bei Überschreiten des maximal zulässigen Moments durch das berechnete Istmoment die Kraftstoffzufuhr abgeschaltet wird, wenigstens bis das Istmoment das maximal zulässige Moment wieder unterschreitet.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Überwachung der Größe für die Sauerstoffkonzentration dann erfolgt, wenn ein Betriebszustand vorliegt, in dem keine Einspritzzeit ausgegeben wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die eingespritzte Kraftstoffmasse aus zugeführter Luftmasse und Abgaszusammensetzung ermittelt wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Größe für die Sauerstoffkonzentration mit einem betriebsgrößenabhängigen Toleranzband verglichen wird, wobei bei Verlassen des erlaubten Bereichs eine Fehlerreaktion eingeleitet wird.
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Fehlerreaktion, die in Abhängigkeit der Größe für die Sauerstoffkonzentration im Abgas eingeleitet wird, darin besteht, daß die Brennkraftmaschine mit stöchiometrischem Ge-



mischt betrieben wird und daß das Istmoment auf der Basis der gemessenen Luftmasse berechnet wird.

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß zusätzlich bei kleinsten Pedalwinkeln die Einspritzzeit auf den Wert Null überwacht wird, wenn kein Ausnahmebetriebszustand wie z. B. Katalysatorschutz, Katalysatorheizen und/oder -warmhalten vorliegt.

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das ermittelte Motormoment mit dem vorgegebenen Sollmoment und das vorgegebene Sollmoment mit dem maximal zulässigen Moment verglichen wird.

12. Vorrichtung zum Betreiben einer Brennkraftmaschine, welche in wenigstens einem Betriebszustand mit mageren Luft-/Kraftstoff-Gemisch betrieben wird, mit einer Steuereinheit, die wenigstens einen Mikrocomputer umfaßt, welcher abhängig von einem Sollwert die einzuspritzende Kraftstoffmenge, daraus eine auszugebende Einspritzzeit bestimmt und diese ausgibt, der auf der Basis wenigstens einer dieser Werte das Istmoment der Brennkraftmaschine bestimmt, dieses mit einem maximal zulässigen Moment vergleicht und eine Fehlerreaktion einleitet, wenn das Istmoment das maximal zulässige Moment überschreitet, der ferner eine Größe, die die Sauerstoffkonzentration des Abgas repräsentiert, empfängt und diesen mit wenigstens einem vorgegeben Grenzwert vergleicht und eine Fehlerreaktion einleitet, wenn dieser Grenzwert überschritten wird.

---

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

---



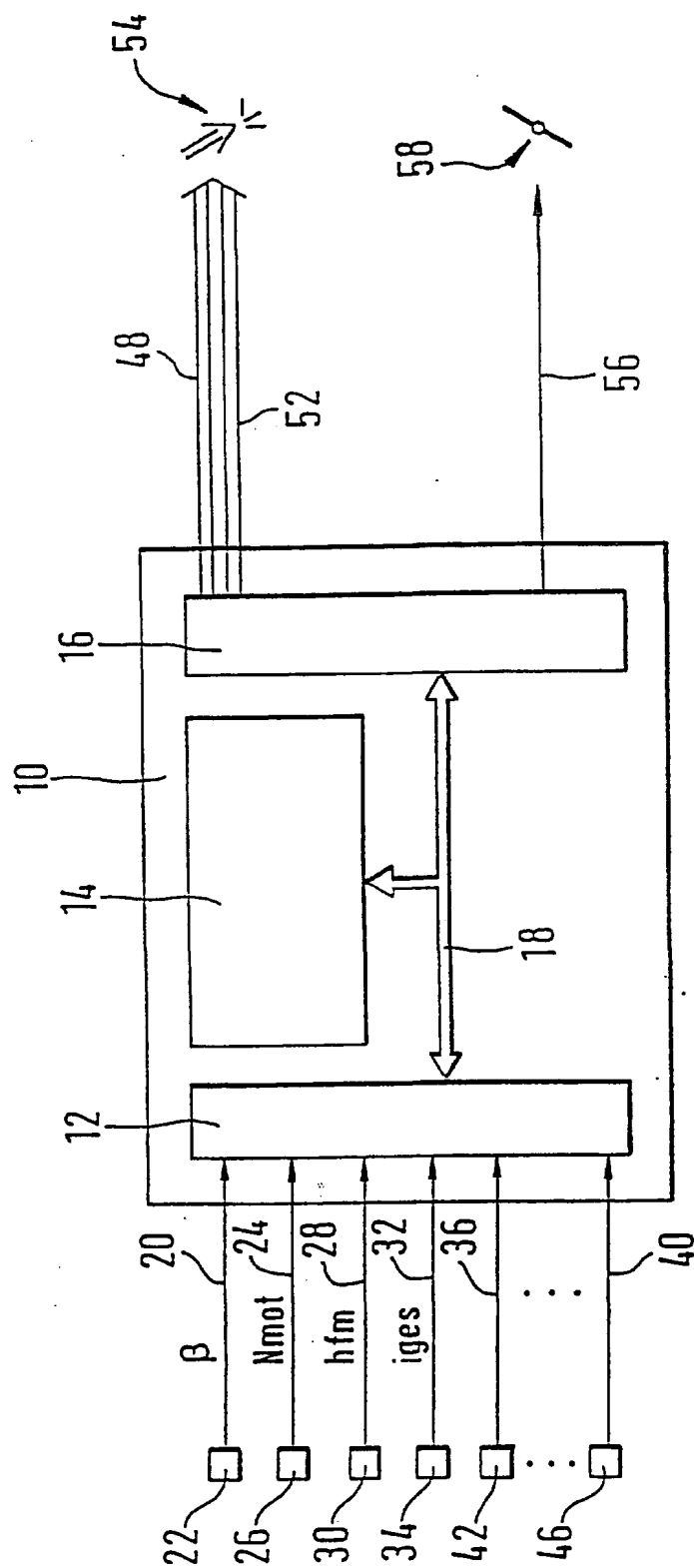


FIG. 1

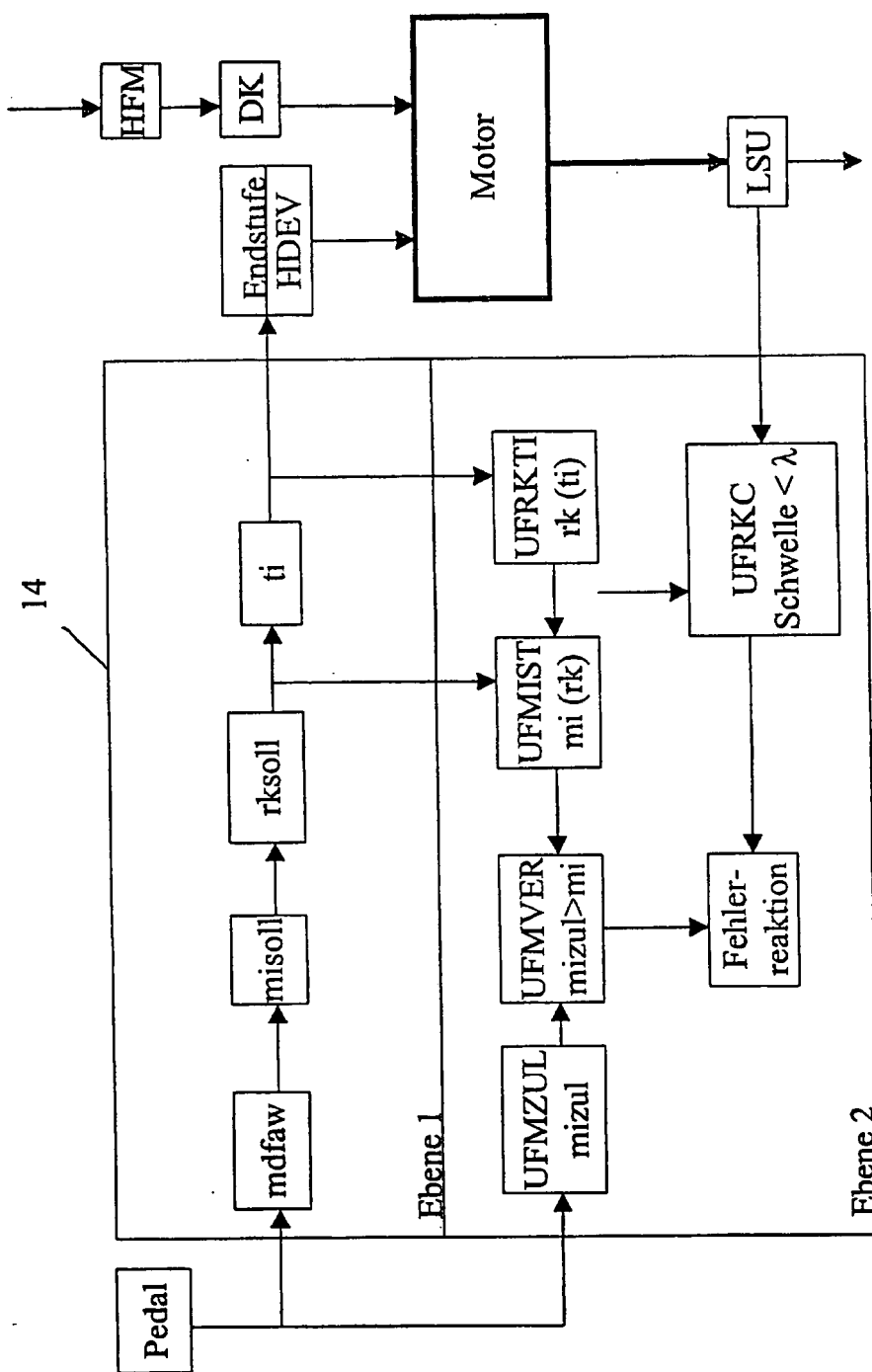


Fig. 2





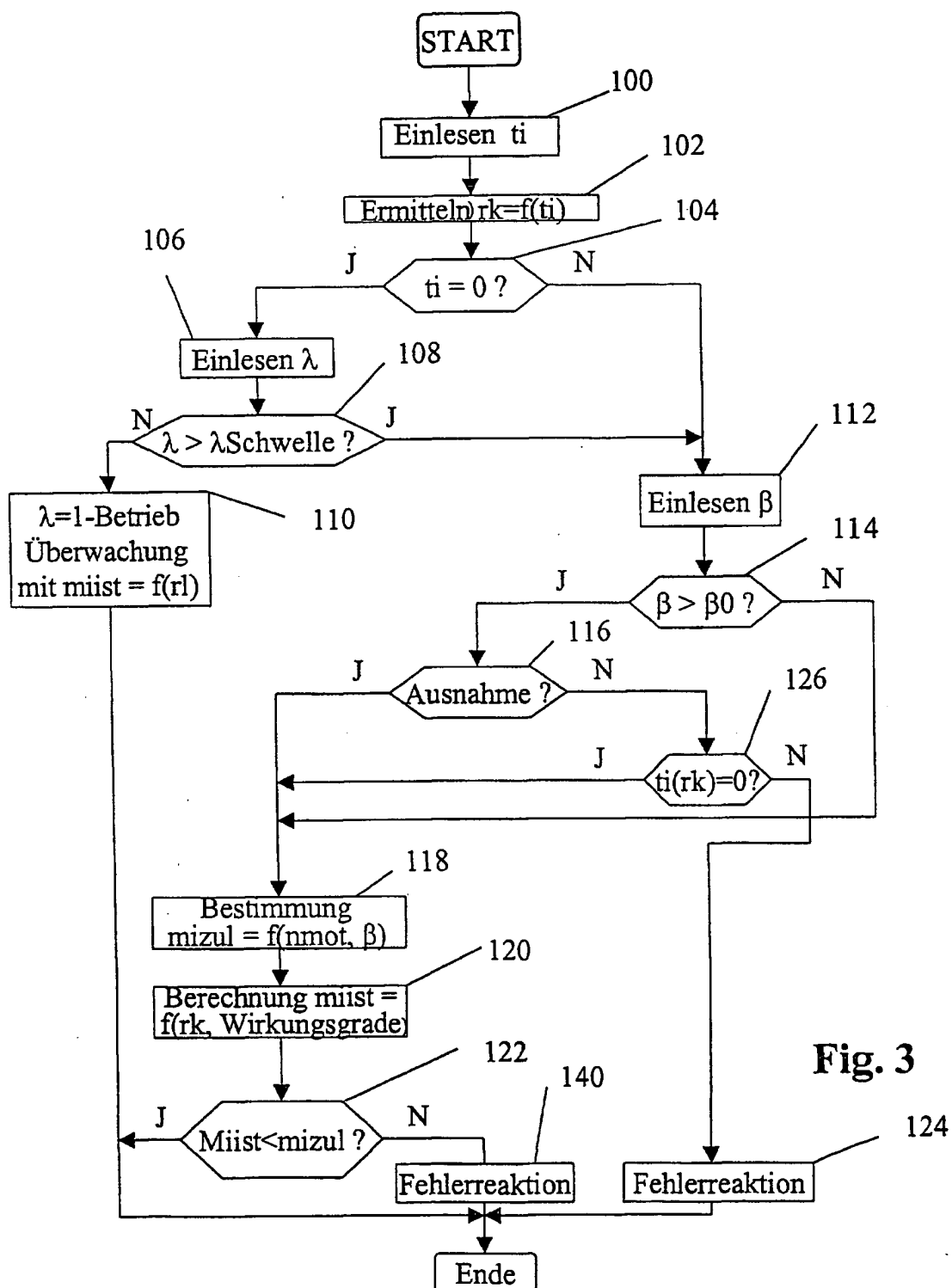


Fig. 3



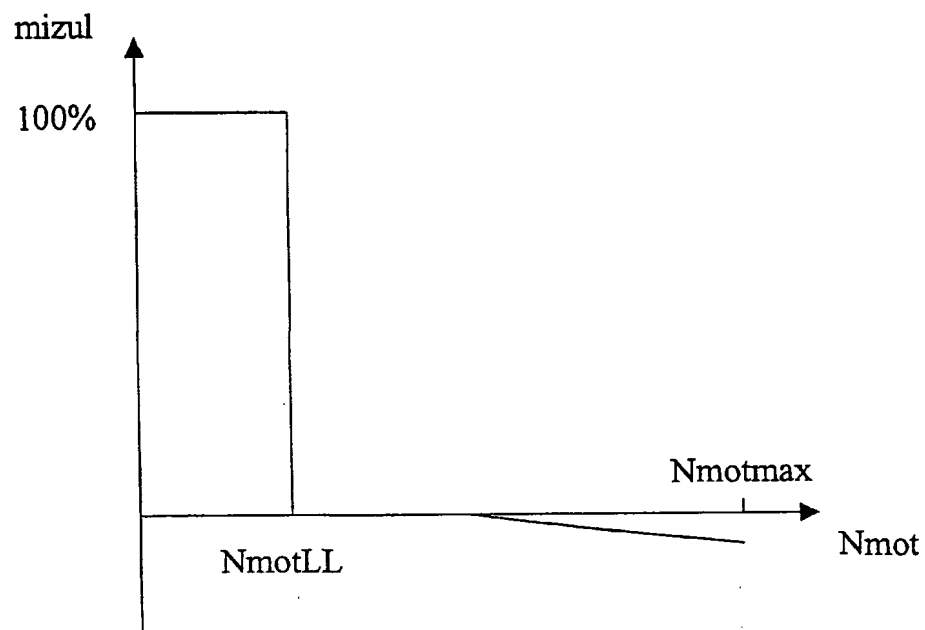


Fig.4